

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
9. Januar 2003 (09.01.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/002047 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **A61F 9/008**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/07073**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. Juni 2002 (26.06.2002)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
101 30 278.9 26. Juni 2001 (26.06.2001) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **CARL ZEISS MEDITECH AG** [DE/DE];  
Göschwitzer Str. 51-52, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DICK, Manfred**

[DE/DE]; Birkenweg 9, 07926 Gefell (DE). **KÜHNERT, Jürgen** [DE/DE]; Lieselotte-Hermann-Str. 12, 07747 Jena (DE). **MÄUSEZAHN, Holger** [DE/DE]; Anna-Siemsen-Str. 97, 07745 Jena (DE).

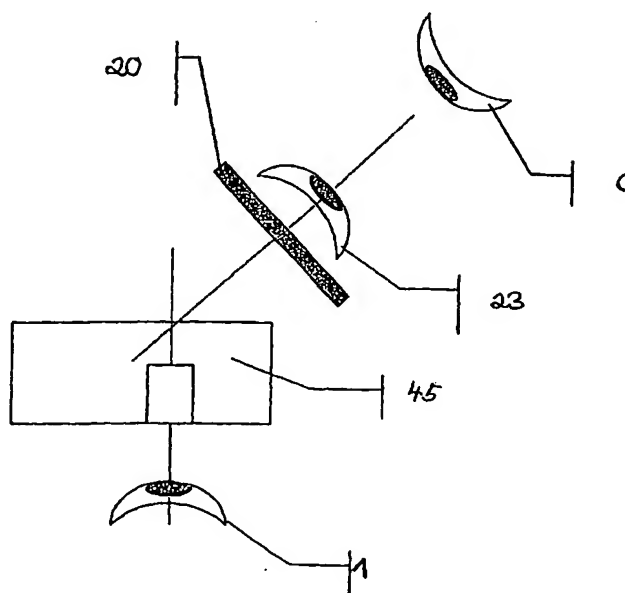
(74) Anwalt: **SCHNEKENBÜHL, Robert**; DTS München, Patent- und Rechtsanwälte, St. Anna Str. 15, 80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD AND DEVICE FOR REPRESENTING AN OPERATIVE FIELD DURING LASER OPERATIONS**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DARSTELLUNG EINES OPERATIONSGBIETES BEI LASEROPERATIONEN**



(57) Abstract: The invention relates to a device for the three-dimensional representing of an operative field, especially of an eye, during laser operations. The inventive device comprises a three-dimensional recording system (10), an image processing system (15) and a three-dimensional display unit (20).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/002047 A2



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Darstellung eines Operationsgebietes, insbesondere eines Auges, bei Laseroperationen umfassend ein räumliches Aufnahmesystem (10), ein Bildverarbeitungssystem (15) und eine räumliche Anzeigeneinheit (20).

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DARSTELLUNG EINES OPERATIONSGBIETES BEI  
LASEROPERATIONEN

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Darstellung eines Operationsgebietes bei Laseroperationen.

In der Ophthalmologie ist es bekannt, die Hornhaut bei Sehschwäche durch Ablation von Gewebe zu formen. Als Verfahren haben sich die sogenannte PRK (Photo-Refraktive  
10 Keratektomie) und das LASIK-Verfahren LASIK (Laser assisted in situ Keratotomy) etabliert, bei dem zunächst ein kleiner Lappen aus Epithel, Bowman-Membran und Stroma geschnitten und aufgeklappt wird und sodann die PRK im Stromabett durchgeführt wird.

- 15 Zur Ablation werden Laser geeigneter Wellenlänge eingesetzt. Besonders geeignet hierzu ist der Excimerlaser mit einer Wellenlänge von 193 nm. Aber auch andere Laser wie Er: YAG-Festkörperlaser werden hierfür bereits eingesetzt.

Die Daten für das Ausmaß der Fehlsichtigkeit werden durch Sehtests, mittels Refrakto-  
20 meter und neuerdings auch durch Auswertung von Messungen der Wellenfront ermittelt. Es sind weiterhin auch Verfahren und Vorrichtungen bekannt, mittels derer aus diesen Messwerten Schusskoordinaten für den eigentlichen operativen Eingriff berechnet werden.

Die Verfolgung einer Laser-Operation durch den Operateur bzw. Arzt erfolgt überlicherweise durch Betrachtung des Operationsgebietes mittels eines Mikroskops. Hierbei erhält der Arzt einen räumlichen Eindruck vom Operationsgebiet. Allerdings erlaubt der Blick durch das Mikroskop nur einer Person einen räumlichen Eindruck.

5

Auch die Darstellung mittels Kamera auf einem Monitor etc. ist bekannt. Hierbei geht jedoch der räumliche Eindruck des Operationsgebietes verloren. Bei der Operation mittels Slitscanner kann durch den Arzt sehr gut der Fortschritt der Operation und die Reihenfolge der Ablationsschritte wahrgenommen bzw. überwacht werden. So kann der  
10 Arzt Abnormalitäten im Ablationsprozess frühzeitig erkennen und diesen gegensteuern, beispielsweise die Operation unterbrechen, etc.

Bei den heutigen modernen Spotscannern ist der Ablationsprozess aufgrund verschiedener Faktoren nicht mehr einfach nachvollziehbar. Zum Einen erhöht sich die Schussfrequenz der Laser permanent und liegt weit über der Wahrnehmungsmöglichkeit des Operateurs. Des Weiteren ist der Ablationsprozess patientenabhängig und die Ansteuerung und Platzierung des Spots im Ablationsgebiet unterliegt komplexen Algorithmen die unterschiedlichste Aufgaben und Probleme des Ablationsprozesses zu lösen versuchen (thermische Belastung, Rauch). Ein Ablationsalgorithmus zerlegt beispielsweise die  
15 notwendigen Schüsse für eine vollständige Korrektur in viele kleine Einzelkorrekturen mit dem Ziel, dass jederzeit die Operation abgebrochen werden kann und gewährleistet ist, dass ein optisch einwandfreies Ergebnis erreicht ist (vgl. den wertvollen Beitrag zum Stand der Technik in der Patentschrift DE 197 27 573). Daher ist eine Überwachung des komplexen Ablationsprozesses - durch Kontrolle der korrekten Positionie-  
20

rung des Laserstrahls auf dem zu bearbeitenden Gebiet - durch den Operateur bei moderneren Spotscannern durch den "Blick durch das Mikroskop" nicht mehr möglich.

Weiterhin ist das Sehfeld beim "Blick durch das Mikroskop" konstruktionsbedingt stark  
5 eingeschränkt. Um Operationsgeräte zu bedienen, Statusinformationen bzw. Ablaufinformationen von Geräten etc. zu erkennen, muss der Arzt den Blick durch das Operationsmikroskop verlassen und damit den Blick vom Operationsgebiet lösen.

Bei der Darstellung des Operationsgebietes für mehrere Betrachter (Lehrzwecke, Überwachung etc.) kann das Operationsgebiet mittels einer Kamera und eines Monitors dargestellt werden. Hierbei geht jedoch prinzipbedingt der räumliche Eindruck verloren.  
10 Dieser ist jedoch bei derart mikrochirurgischen Eingriffen von entscheidender Bedeutung.

15 Die Abtragsvorgänge bei der PRK mittels Spotscanner sind derart komplex, dass der Arzt kaum in der Lage ist, einen korrekten Operationsfortschritt zu erkennen bzw. eintretende Probleme frühzeitig zu erkennen, um korrigierend eingreifen zu können. Zur Gerätesteuerung etc. muss der Arzt den Blick vom Operationsgebiet entfernen, um die Geräte zu bedienen bzw. Statusinformationen aufzunehmen.

20

Es ist deshalb Ziel und Aufgabe der Erfindung Vorrichtungen und Verfahren bereitzustellen, die es dem Arzt gestatten, den Operationsfortschritt eindeutig verfolgen zu können und somit die Operation bewusst zu kontrollieren.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung nach dem unabhängigen Vorrichtungsanspruch sowie mit einem Verfahren nach dem unabhängigen Verfahrensanspruch gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

- 5 Insbesondere wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Darstellung eines Operationsgebietes, insbesondere eines Auges, bei Laseroperationen gelöst, umfassend ein räumliches Aufnahmesystem (10), ein Bildverarbeitungssystem (15) und eine räumliche Anzeigeeinheit (20). Durch diese Vorrichtung ist es möglich, das Operationsgebiet dreidimensional darzustellen und den Operationsfortschritt eindeutig zu
- 10 verfolgen, selbst wenn man nicht durch das Mikroskop blickt. Insbesondere können auf diese Weise mehrere Betrachter das Operationsgebiet gleichzeitig betrachten, ohne den dreidimensionalen Eindruck zu verlieren.

- Das räumliche Aufnahmesystem ist bevorzugt ein Kamerasystem, mit dem Bildinfor-
- 15 mationen bzw. -daten eines Objektes typischer Weise aus mehreren Blickrichtungen gewonnen werden können. Diese Daten ermöglichen dann die Rekonstruktion einer dreidimensionalen Abbildung dieses Objektes, d.h. des Operationsgebietes.

- Das Bildverarbeitungssystem wertet die gewonnenen Daten aus und bereitet sie so auf,
- 20 daß sie der nachfolgenden räumlichen Anzeigeeinheit zur Darstellung eines dreidimensionalen bzw. räumlichen Bildes genügen. Das Bildverarbeitungssystem kann ein Chip, ein Rechner, eine Software oder ein Mikroprozessor sein.

- Die räumliche Anzeigeeinheit ist bevorzugt ein 3-D-Display, ein Hologramm oder eine
- 25 durch Laser erzeugte dreidimensionale Darstellungseinheit. Besonders bevorzugt han-

delt es sich um eine Anordnung zur dreidimensionalen Darstellung gemäß DE 198 25 950. Mittels eines solchen Displays lässt sich in vorteilhafter Weise die räumliche Ausdehnung des Ausgangszustandes, d. h. des Zustandes vor dem operativen Eingriff, als auch die räumliche Ausdehnung des Zustandes nach einer Operation darstellen.

5

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin ein Steuerungsmodul (30); mindestens ein medizinisches Gerät (40) und ein Bussystem, das die räumliche Anzeigeneinheit (20) und das Steuerungsmodul (30) verbindet, so dass Daten und Informationen auf der Anzeigeneinheit (20) angezeigt werden können. Hierdurch ist es möglich, daß Zusatzinformationen der Operation bzw. des OP-Lasers etc. mit auf dem zu betrachtenden dreidimensionalen bzw. räumlichen Abbild des Operationsgebietes angezeigt werden können. Der Operateur und weitere Betrachter können so wertvolle Zusatzinformationen erfassen, ohne den Blick vom räumlich dargestellten Operationsgebietes nehmen zu müssen.

15

Das Steuerungsmodul ist bevorzugt ein Computer, ein Rechner, ein Mikrokontroller.

Das medizinische Gerät umfasst bevorzugt einen OP-Laser zur refraktiven Chirurgie. Daneben können weitere Geräte wie Eye-Tracker, Online-Topografiesensor, Online-Wellenfrontsensor, Beleuchtungseinheiten sowie Augenidentifizierungssysteme (inclusive Rotationskontrolle und Identifizierung gemäß der Anmeldung DE 10052201 vom 20.10.2000) eingesetzt werden. Diese Geräte senden über das Bussystem Daten über den eigenen Status an die Steuereinheit und empfangen über das Bussystem auch Anweisungen vom Steuergerät. Besonders bevorzugt liegt der Algorithmus zum Abarbei-

20

ten des OP-Programmes sowie die Daten der geplanten Operation ebenfalls auf der Steuereinheit bzw. werden in diese eingespeist bzw. dieser zur Verfügung gestellt.

5 Daten und Informationen sind besonders bevorzugt Daten des Operationsgerätes, vorzugsweise eines Lasers zur refraktiven Hornhautchirurgie (wie Schußrate, Energie, Pulsform, etc.) bzw. Daten über die Operation (wie Patientendaten, Temperatur des Gewebes bzw. Operationsgebietes, bereits laufende Operationszeit, Restzeit der Operation, OP-Lasereinstellungen, etc.) oder Statusinformationen (Grenzen des Gebietes des Eyetrackers, Grenzen des Operationsbereiches des Lasers, Operationsfortschritt, Ener-  
10 giestatus, etc.).

Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin ein berührungssensitives Displayoverlay. Dadurch ist es für den Operateur möglich, Steuerbefehle bzw. Gerätesteu-  
15 funktions über das berührungssensitive Displayoverlay einzugeben. Diese können an die Steuereinheit weitergegeben und von dort zur Steuerung der medizinischen Geräte verwendet werden.

Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind  
20 auf der Anzeigeneinheit (20) Bilddaten des Operationsgebietes, zusätzliche Daten und Informationen sowie Bedienfelder darstellbar. Durch diese Darstellung aller relevanten und interessanten Daten für die Operation ist es dem Operateur möglich, alle Parameter und Umstände der Operation im Auge zu behalten, ohne seinen Blick von dem räumlich dargestellten Operationsgebiet lösen zu müssen. Diese verschiedenen Daten können als



PIP (picture in a picture) dargestellt werden oder überlagernd. Die Bilder und Daten können auch in einer Mehrfenstertechnik angezeigt werden.

Darüber hinaus ist es möglich, mehrere verschiedene Ansichten des Operationsgebietes gleichzeitig anzuzeigen. Dies können verschiedene Blickwinkel, verschiedene Perspektiven, Ausschnitte oder Vergrößerungsmaßstäbe sein. Daneben ist es möglich, Bilder verschiedener Zeitebenen nebeneinander darzustellen, was insbesondere dann bevorzugt ist, wenn der zeitliche Fortschritt einer Operation angezeigt werden soll. Dies ist insbesondere interessant für Lehrveranstaltungen, in denen die Daten und Verläufe von vorangegangenen Operationen vorgestellt werden sollen, ohne auf den räumlichen Eindruck zu verzichten.

Als Bedienfelder sind insbesondere Felder und Symbole vorgesehen, die durch Berühren des berührungssensitiven Displayoverlays aktiviert werden können. Bevorzugt sind dies Symbole zur Steuerung einer Vergrößerung des Bildes, insbesondere zur stufenlosen Vergrößerung (digitaler Zoom). Weiterhin bevorzugt sind Kameraführungssymbole zur Auswahl der Perspektive und des Betrachtungswinkels vorgesehen, Symbole zur Auswahl zwischen den einzelnen Fenstern, etc.

Ganz besonders bevorzugt ist eine Vorrichtung bei der Solldaten eines idealen Operationsgebietes nach der Operation, insbesondere einer idealen Cornea-Form, räumlich über einem Abbild des aktuellen Operationsgebietes, insbesondere der aktuellen Cornea, auf der räumlichen Anzeigeneinheit (20) darstellbar sind. Dadurch ist es möglich, die Daten der idealen Cornea über das Abbild der aktuellen, verkrümmten Cornea darzustellen und den Unterschied dadurch zu visualisieren. Während der Operation kann so direkt

mitverfolgt werden, wie sich die bearbeitete Cornea immer mehr der dargestellten Idealform angleicht und schließlich in Deckung mit dieser gebracht wird. Zusätzlich können online ermittelte aktuelle Abweichungen der Cornea aufgrund einer Wellenfrontanalyse während der Operation aktuell mit den Anfangskorrekturwerten verglichen werden und  
5 so eine nochmals feinere Korrektur während des eigentlichen Operationsganges visualisiert werden.

Es werden damit Ausgangszustand und gewünschter Endzustand so darstellbar, dass die im Rahmen des operativen Eingriffs abzutragende Schichtdicke (Abtragsvolumen) er-  
10 sichtlich ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt weiterhin bevorzugt eine Simulationseinheit, die auf dem Display bei jedem einzelnen Laserschuss einen Abtrag realisiert, der in Ort und Volumenabtrag genau den Abtrag simuliert, der bei der Ablation auf der Cornea  
15 erfolgt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dabei so gestaltet, dass bei einer Operation bei jedem Laserschuss auf dem Display eine dem Volumenabtrag auf dem Auge adäquate Volumeneinheit auf dem Display entfernt wird. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung lässt sich somit der Verlauf der Ablation der Cornea durch den Operateur ver-  
20 folgen.

In einer bevorzugten Ausführung werden die Koordinaten für die Volumenentfernung auf dem Display für jeden einzelnen Schuss direkt am Scanner abgegriffen. Auf diese Art und Weise erfolgt der Abtrag am Display genau an der Stelle, die der jeweiligen Stellung der Scanner an dieser Stelle entspricht. Sollten die Scanner nicht die exakte  
25 Position anfahren, erfolgt auch am Display ein Abtrag mit entsprechend veränderten

Koordinaten. Mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist somit eine wesentlich verbesserte Online-Kontrolle des Operationsverlaufes durch den Operateur möglich. Auch kann er am Ende der Operation den realisierten Endzustand in einfacher Art und Weise erfassen.

5

Sollte der realisierte Endzustand noch nicht ganz der gewünschten Korrektur entsprechen, kann der Operateur entscheiden, ob er sofort noch eine Nachkorrektur vornimmt. So lassen sich aus realisiertem Zustand und dem ursprünglich gewünschten Zustand weitere Koordinaten für die Ablation berechnen, so dass eine Nachkorrektur unmittelbar anschließend erfolgen kann.

10

Die Ermittlung von Koordinaten für eine Nachkorrektur erfolgt bevorzugt automatisch, so dass die Nachkorrektur sofort nach dem ursprünglichen Programm durchführbar ist. Die Verfolgung auch dieser Korrektur erfolgt gemäß dem Gedanken der Erfindung auf dem Display. So ist eine Online-Topografie der Corneaoberfläche auf der räumlichen Anzeigeeinheit darstellbar.

15

Bevorzugt ist die Simulationseinheit auch mit der Einheit zur Kontrolle der Laserenergie verbunden. Sollte die Laserenergie vom vorgesehenen Wert abweichen, kann auch der simulierte Volumenabtrag dementsprechend verändert werden.

20

Weiterhin kann die Simulationseinheit (Überwachungseinheit) an einen Online-Wellenfrontsensor angeschlossen werden. Die aktuelle Wellenfront des Auges wird räumlich dargestellt. Durch die räumliche Darstellung der momentanen Wellenfront des Auges während der Operation kann der Operateur den Fortschritt und Erfolg der Ope-

25

ration am Patienten unmittelbar verfolgen. Auch kann durch die Erfindung unmittelbar eine sich veränderte und abweichende Wellenfront von der idealen Wellenfront angezeigt werden. Diese kann durch unvorhersehbare Faktoren während der OP entstehen. Durch die räumliche Darstellung ist es dem Operateur somit möglich, eine fundierte  
5 Entscheidung zu treffen sich für eine weitere Korrektur unter anderen Parametern zu entscheiden (um auch die neue Wellenfrontaberrationen zu einer idealen Wellenfront zu führen) oder die Operation zu beenden.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur drei-  
10 dimensionalen Darstellung eines Operationsgebietes (1), insbesondere eines Auges, bei Laseroperationen gelöst umfassend die Schritte: Aufnahme des Operationsgebietes (1) mittels eines räumlichen Aufnahmesystems (10), Übergabe der aus dem vorhergehenden Schritt gewonnenen Informationen an ein Bildverarbeitungssystem (15), Verarbeitung der Informationen in dem Bildverarbeitungssystem (15) und Darstellung dieser  
15 verarbeiteten Information auf einer räumlichen Anzeigeeinheit (20).

Bevorzugt umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiter den Schritt: Darstellung von zusätzlichen Daten auf der räumlichen Anzeigeeinheit (20). Diese Daten können wie oben ausgeführt Daten und Informationen betreffend den Patienten, dem Operations-  
20 fortschrittes bzw. der medizinischen Geräte, insbesondere des OP-Lasers sein.

Besonders bevorzugt umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiter die Schritte: Registrierung von Steuerungsbefehlen, insbesondere durch Berührungen eines berührungssensitiven Displays (25), Ansteuerung medizinischer Geräte (40) entsprechend der regi-  
25 strierten Steuerungsbefehle. Diese Steuerungsbefehle können wie oben ausgeführt Ka-

merapositions- bzw. Ausschnittsauswahlbefehle sein wie auch Steuerungsbefehle, die sich direkt an den OP-Laser richten (Not-Aus, Wiederholung spezieller Sequenzen, Nachberechnung, etc.).

- 5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie das erfindungsgemäße Verfahren können insbesondere im Bereich der Ophthalmologie eingesetzt werden. Beispielsweise kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung oder dem erfindungsgemäßen Verfahren die Materialbearbeitung bei Kontaktlinsen oder Intraokularlinsen (IOL) verfolgt werden. Die Bearbeitung erfolgt dabei regelmäßig nicht am bzw. im Auge. Denkbar ist auch die Beob-
- 10 achtung des Bearbeitungsprozesses bei der Serienfertigung von Kontaktlinsen bzw. Intraokularlinsen. Hier ist insbesondere die Endzustandskontrolle der jeweiligen Linsen als Einsatzgebiet der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens denkbar.
- 15 Möglich ist auch eine Verfolgung der Fertigung einer Linse, beispielsweise einer Intraokularlinse oder einer Kontaktlinse durch den Patienten selbst. Dieser kann sich auf diese Weise vorab ein Bild über die Erfolgchancen machen. Die Verfolgung des Bearbeitungsprozesses der individuellen Linse schafft Vertrauen beim Patienten für die sich anschließende Operation. Die bearbeitete Linse wird hierbei vorzugsweise in eine Zwi-
- 20 schenbildebene eines optischen Systems eingespiegelt.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Verfolgung der Materialbearbeitung an einer auf dem Auge befindlichen Kontaktlinse. Dabei kann das Gesamtsystem Auge-Kontaktlinse ge-

meinsam vermessen werden. Die Bearbeitung erfolgt nur an der Kontaktlinse. Das Auge selbst wird nicht bearbeitet.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren können auch  
5 außerhalb medizinischer Anwendungen zum Einsatz gelangen. Grundsätzlich ist deren Verwendung bei jeder Art der Bearbeitung einer Oberfläche mittels eines Lasers möglich.

Die Erfindung soll im folgenden anhand von Zeichnungen weiter erläutert werden.

10 Weitere vorteilhafte Merkmale sind hierbei beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Betrachtung für mehr als eine Person; und
- 15 Fig. 3 eine Prinzip-Darstellung der Komponenten eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

**Figur 1** zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Ein  
Operator 0 betrachtet ein räumliches Bild 23 eines Auges eines Patienten, das durch  
20 ein Display zur räumlichen Darstellung 20 dargestellt wird. Das Auge des Patienten 1 wird dann mittels eines Lasers 45 bearbeitet.

**Figur 2** zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Betrachtung für mehr als eine Person. Mehrere Betrachter 0.1, 0.2 und 0.3 betrachten

zeitgleich das räumliche Abbild des zu behandelnden Auges 23 mittels nur einer räumlichen Anzeigeeinheit 20.

**Figur 3** zeigt eine Prinzip-Darstellung der Komponenten eines Ausführungsbeispieles einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Ein räumliches Aufnahmesystem 10 ist mit einem Bildverarbeitungssystem 15 verbunden. Dieses ist an ein Steuerungsmodul 30 angeschlossen. Das Steuerungsmodul 30 verbindet medizinische Geräte 40.1 bis 40.n mit der räumlichen Anzeigeeinheit 20. An der räumlichen Anzeigeeinheit 20 ist ein berührungssensitives Displayoverlay 25 angeschlossen.

10

Durch diesen erfindungsgemäßen Aufbau ist es möglich, ein Operationsgebiet durch das räumliche Aufnahmesystem 10 dreidimensional zu erfassen, diese Daten über ein Bildverarbeitungssystem 15 aufzubereiten und diese Informationen an die Steuereinheit 30 zu übergeben. Hier laufen auch die Informationen der medizinischen Geräte 40.n zusammen. Diese Daten werden dann gemeinsam oder alleine über die räumliche Anzeigeeinheit 20 dargestellt. Hier können sowohl das dreidimensionale Operationsgebiet als auch Statusdaten der medizinischen Geräte 40.n angezeigt werden. Über das berührungssensitive Displayoverlay 25 erhält der Operateur die Möglichkeit, Steuerbefehle einzugeben und so entweder Ansichten des Operationsgebietes auszuwählen (Mehrferstertechnik, PIP, etc.), Statusdaten bzw. deren Verlauf abzufragen oder auch die medizinischen Geräte zu steuern.

20

Die Erfindung betrifft eine visuelle Vorrichtung zur räumlichen Darstellung des Operationsgebietes bei medizinischen Operationen - vorzugsweise bei Operationen am Auge 25 mittels Laser zur Korrektur von Sehfehlern.

Mit der hier beschriebenen Erfindung ist es möglich, das Operationsgebiet auf einem Display sichtbar zu machen und es räumlich darzustellen. Durch die Erfindung ist es möglich, das Operationsgebiet unabhängig von einem Operationsmikroskop für eine  
5 Vielzahl von Betrachtern darzustellen. Das Operationsgebiet kann wesentlich größer dargestellt werden, es können beliebige Gebiete vergrößert werden bzw. simultan als PIP (Picture in Picture: Bild im Bild) dargestellt werden.

Neben der natürlicheren Darstellung des Operationsgebietes können simultan zur Ope-  
10 ration Informationen eingeblendet bzw. dargestellt werden, die für den Arzt und den Operationsablauf von Bedeutung sind und so die vollständige Kontrolle des Gerätes ermöglichen ohne das Operationsgebiet aus dem Blick zu verlieren.

Durch eine zusätzliche Integration eines berührungsempfindlichen Displays kann somit  
15 die vollständige Ablaufsteuerung, Kontrolle des Gerätes etc. simultan erfolgen.

Die vorliegende Erfindung stellt somit eine Lösung dar die es ermöglicht, bei einer Operation das Operationsgebiet räumlich an einem Display für mehrere Personen dar-  
zustellen, beliebige Informationen in das Operationsgebiet einzublenden und das Ope-  
20 rationsgerät - vorzugsweise ein Laser zur refraktiven Hornhautchirurgie - zu steuern.

\* \* \* \* \*



## BEZUGSZEICHENLISTE

0	Beobachter
1	Operationsgebiet
10	Räumliches Aufnahmesystem
15	Bildbearbeitungssystem
20	Räumliche Anzeigeneinheit
23	Räumliches Abbild des Operationsgebietes
25	Berührungssensitives Displayoverlay
30	Steuerungsmodul
40	Medizinisches Gerät
45	Operationslaser

## PATENTANSPRÜCHE

- 5     1.        Vorrichtung zur dreidimensionalen Darstellung eines Operationsgebietes,  
insbesondere eines Auges, bei Laseroperationen umfassend  
ein räumliches Aufnahmesystem (10),  
ein Bildverarbeitungssystem (15) und  
eine räumliche Anzeigeneinheit (20).
- 10     2.        Vorrichtung nach Anspruch 1, weiter umfassend  
ein Steuerungsmodul (30);  
mindestens ein medizinisches Gerät (40);  
ein Bussystem, das die räumliche Anzeigeneinheit (20) und das Steue-  
15        rungsmodul (30) verbindet, so dass Daten und Informationen auf der Anzei-  
geneinheit (20) angezeigt werden können.
- 20     3.        Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
zusätzlich ein berührungssensitives Displayoverlay vorgesehen ist.
4.        Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
auf der Anzeigeneinheit (20) Bilddaten

des Operationsgebietes, zusätzliche Daten und Informationen sowie Bedienfelder darstellbar sind.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
Solldaten eines idealen Operationsgebietes nach der Operation, insbesondere einer idealen Cornea-Form, räumlich über einem Abbild des aktuellen Operationsgebietes, insbesondere der aktuellen Cornea, auf der räumlichen Anzeigeneinheit (20) darstellbar sind.
6. Verfahren zur dreidimensionalen Darstellung eines Operationsgebietes (1), insbesondere eines Auges, bei Laseroperationen umfassend die Schritte:  
Aufnahme des Operationsgebietes (1) mittels eines räumlichen Aufnahmesystems (10)  
Übergabe der aus dem vorhergehenden Schritt gewonnenen Informationen an ein Bildverarbeitungssystem (15)  
Verarbeitung der Informationen in dem Bildverarbeitungssystem (15)  
Darstellung dieser verarbeiteten Information auf einer räumlichen Anzeigeneinheit (20)
7. Verfahren nach Anspruch 6, weiter umfassend den Schritt:  
Darstellung von zusätzlichen Daten auf der räumlichen Anzeigeneinheit (20).
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, weiter umfassend die Schritte:

Registrierung von Steuerungsbefehlen, insbesondere durch Berührungen eines berührungssensitiven Displays (25)

Ansteuerung medizinischer Geräte (40) entsprechend der registrierten Steuerungsbefehle.

5

9. Verwendung einer Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche zur dreidimensionalen Darstellung eines Operationsgebietes (1), insbesondere eines Auges, bei Laseroperationen.

10

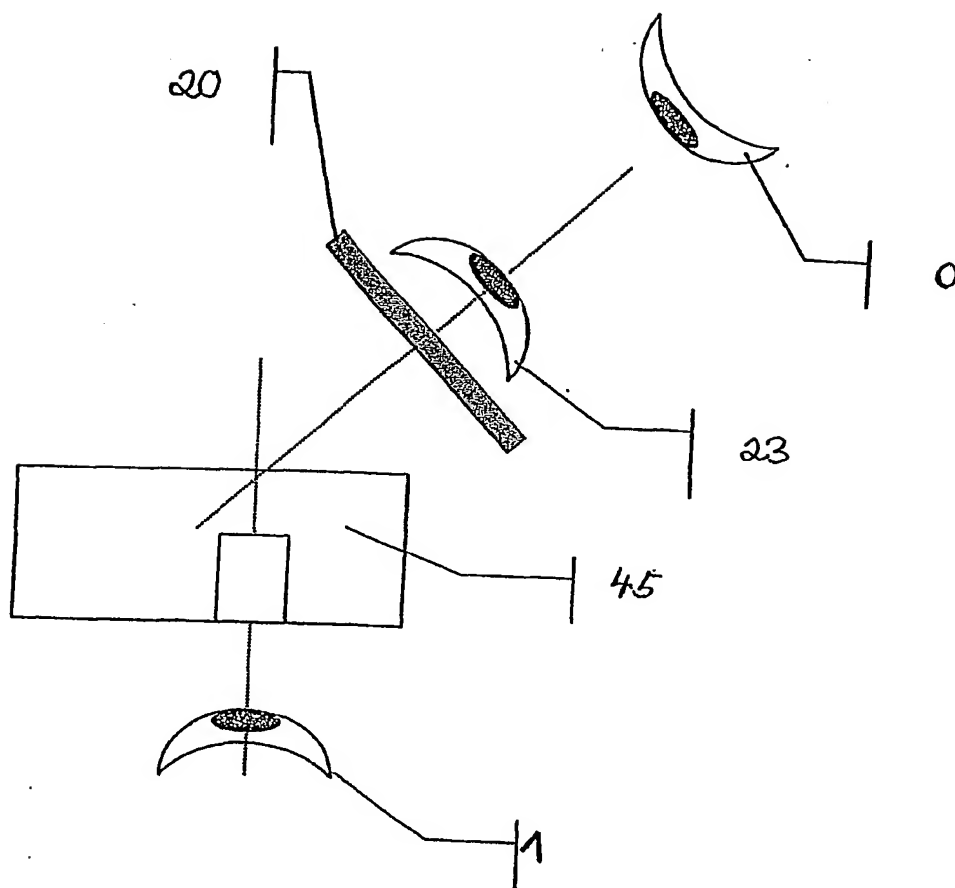


Fig. 1

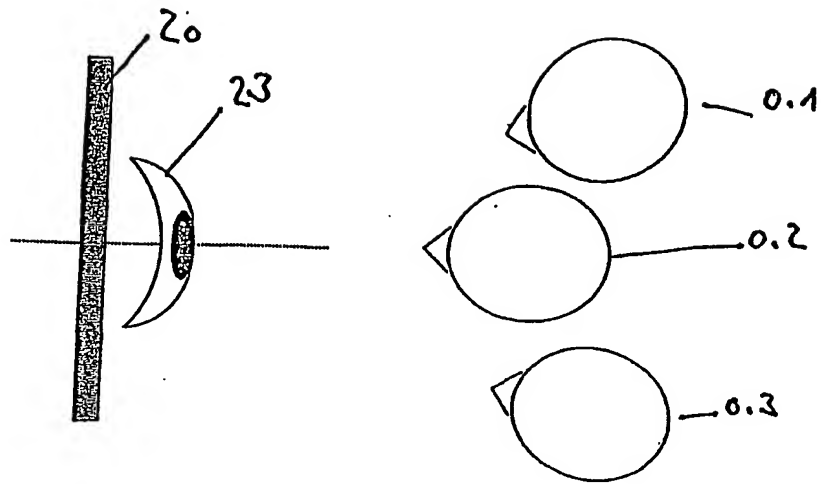


Fig. 2

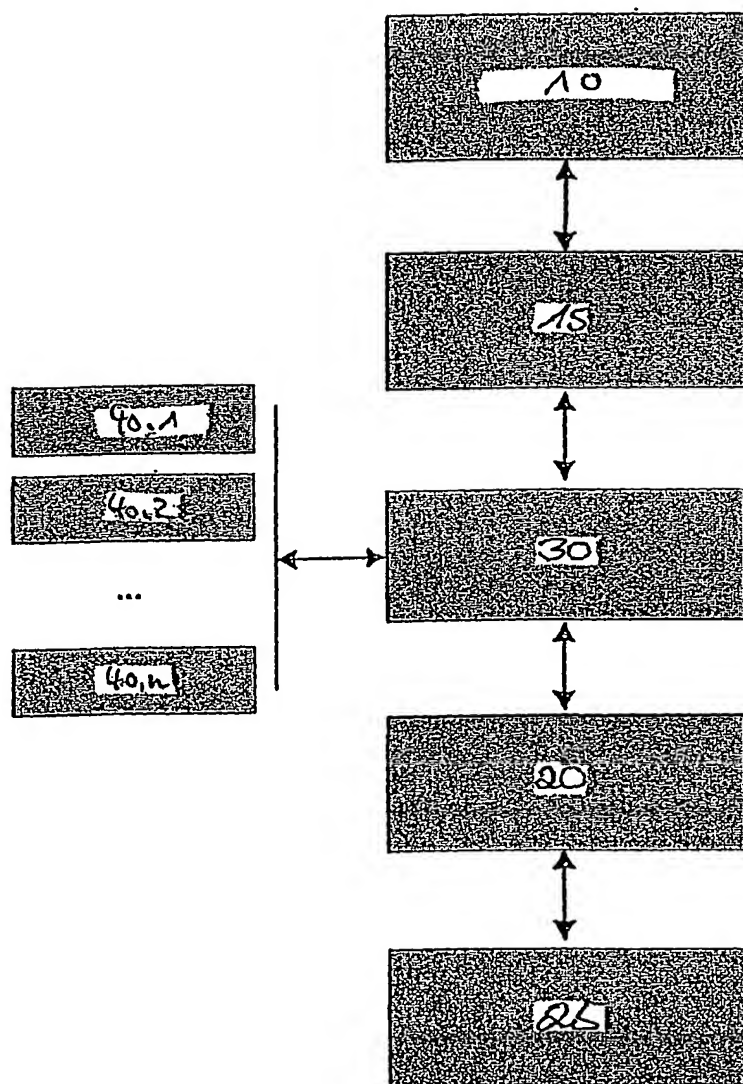


Fig. 3